



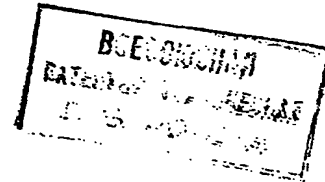
СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1479630** **A1**

(51) 4 E 21 B 44/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГИИТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 4215446/23-03

(22) 15.12.86

(46) 15.05.89. Бюл. № 18

(71) Институт горного дела  
им. А.А.Скочинского

(72) В.А.Коровкин, С.Л.Загорский,  
В.Л.Путов, А.Д.Пачев и Т.В.Величко

(53) 622.24 (088.8)

(56) Патент США № 4195699,  
кл. E 21 B 44/00, опублик. 1980

Загорский С.Л. и др. Оптимизация  
режима бурения скважин комплексом  
2КВ-ВР. - В сб. Автоматизированные  
системы управления и манипуляторы  
(роботы) на предприятиях горно-до-  
бывающей промышленности. Тезисы  
докл. ЦНИИТЭИ приборостроения, М.:  
1984, вып. 5, секция 4, с. 55.

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ  
ДВУХСТАДИЙНОГО БУРЕНИЯ

(57) Изобретение относится к горной  
промышленности и позволяет повысить  
производительность бурения за счет  
выбора оптимальных параметров. Для  
этого измеряют текущее и задают гра-  
ничные значения крутящего момента и  
номинальное значение мощности при-  
вода. В процессе бурения частоту вра-  
щения регулируют до достижения при-

водом вращателя номинальной мощнос-  
ти. На каждом интервале бурения вы-  
числяют удельные энергозатраты на  
разрушение и по ним классифицируют  
горные породы по мощности. При раз-  
буривании маломощного слоя регули-  
руют осевую нагрузку до достижения  
контролируемыми параметрами гранич-  
ных значений, а частоту вращения -  
до достижения приводом вращателя по-  
ложительной мощности или граничного  
значения частоты вращения. При раз-  
буривании мощного слоя осевую нагруз-  
ку и частоту вращения определяют из  
условия минимума удельных энерго-  
затрат на разрушение породы. Перио-  
дически в процессе разбуривания мощ-  
ного слоя определяют относительное  
изменение удельных энергозатрат  $\Delta W_T$   
на разрушение породы и сравнивают с  
заданным  $\Delta W_3$ . При  $\Delta W_T > \Delta W_3$  уменьшают  
частоту вращения. Способ обеспечи-  
вает сбор информации о свойствах бу-  
рильных пород в процессе бурения,  
классификацию пород в зависимости от  
удельных энергозатрат на разрушение,  
что позволяет оптимизировать процесс  
разбуривания скважины по различным  
критериям. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.

1

Изобретение относится к горной  
промышленности, к управлению процес-  
сами бурения и разбуривания скважин,  
когда предварительно проводится пе-  
редовая скважина, которая затем рас-  
ширяется до необходимого диаметра.

Целью изобретения является повы-  
шение производительности за счет выбо-  
ра оптимальных параметров.

2

На чертеже изображена блок-схема  
устройства для реализации предлагае-  
мого способа.

Сущность способа управления про-  
цессом двухстадийного бурения заключа-  
ется в следующем.

Критерий оптимальности "максималь-  
ной скорости" выражается формулой

$$V_{\text{онт}} = h_{\text{онт}} \cdot n_{\text{онт}}, \quad (1).$$

(19) **SU** (11) **1479630** **A1**

где  $V$  - скорость бурения;  
 $h$  и  $n$  - соответственно углубление  
 долота за один оборот и час-  
 тоты вращения разрушающего  
 органа;

$h_{\text{опт}}, n_{\text{опт}}$  - оптимальные значения этих  
 параметров.

Величина углубки долота за один  
 оборот определяется величиной осе-  
 вой нагрузки  $Q$ , физико-механическими  
 свойствами буримых пород и конструк-  
 цией бурового инструмента.

Предельное значение углубления до-  
 лота за один оборот  $h_{\text{пр}}$  определяет-  
 ся его типом и конструкцией. Текущее  
 значение углубки долота за один обо-  
 рот  $h_{\text{т}}$  вычисляют по отношению задан-  
 ного интервала бурения - фиксирован-  
 ного поступательного перемещения бу-  
 рового става  $\Delta H$  к соответствующему  
 этому перемещению числу оборотов раз-  
 рушающего органа  $n$ ,

$$h_{\text{т}} = \frac{\Delta H}{n} \quad (2)$$

Достижение  $h_{\text{опт}}$  обеспечивается вы-  
 бором величины осевой нагрузки  $Q$ ,  
 при которой наступает одно из огра-  
 ничений

$$h_{\text{т}} \geq h_{\text{пр}}; M_{\text{т}} \geq M_{\text{ном}}; Q_{\text{т}} \geq Q_{\text{ном}}; b_{\text{т}} \geq b_{\text{пр}} \quad (3)$$

где  $M_{\text{т}}, M_{\text{ном}}$  - текущее и номинальное зна-  
 чения крутящего момента  
 на разрушающем органе;

$Q_{\text{ном}}$  - номинальное значение осе-  
 вой нагрузки;

$b_{\text{т}}, b_{\text{пр}}$  - текущее и предельное зна-  
 чения параметра вибраций.

Так как выработки проводятся в два  
 этапа: бурение передовой скважины и  
 ее разбуривание различными разруша-  
 ющими органами, то границы ограниче-  
 ний (3) для этих двух режимов различ-  
 ны.

Значения крутящего момента для  
 гидропривода и электропривода вычис-  
 ляются соответственно по формуле

$$M_{\text{т}} = K_1 P_1; M_{\text{т}} = K_2 A I, \quad (4)$$

где  $P_1$  и  $I$  - перепад давления на вхо-  
 де и выходе гидродвига-  
 теля и ток нагрузки  
 электродвигателя соот-  
 ветственно.

Осевая нагрузка изменяется сту-  
 пенчато на величину  $\Delta Q = \frac{1}{C} Q_{\text{ном}}$ , где

$C$  - число ступеней регулирования,  
 причем  $C \geq C_1$  - числа штанг при бу-  
 рении скважины на максимальную глу-  
 бину.

Необходимое значение давления в  
 гидросистеме механизма подачи вычи-  
 сляют по известным значениям необхо-  
 димой осевой нагрузки, числа штанг  
 $K_3$ , веса штанг  $G_{\text{ш}}$  и бура  $G_{\text{б}}$  по форму-  
 ле

$$p_2 = \frac{Q_{\text{т}} + G(K_3 G_{\text{ш}} + G_{\text{б}})}{S} \quad (5)$$

где  $S$  - площадь поршней гидроцилинд-  
 ров механизма подачи;

$g$  - ускорение свободного падения.  
 (В этой формуле знак  $+$  соответствует  
 бурению,  $-$  - разбуриванию).

При каждом значении осевой нагруз-  
 ки бурят скважину на заданную фик-  
 сированную глубину  $\Delta H$ . По окончании  
 бурения каждого такого отрезка изме-  
 ряют средние значения контролируемых  
 величин - числа оборотов разрушаю-  
 щего органа, нагрузки привода враща-  
 теля и параметр вибрации бура. Затем  
 вычисляют значения углубки долота  
 на один оборот и крутящего момента  
 по формулам (2), (4) и сравнивают с  
 условиями ограничений (3). При насту-  
 плении хотя бы одного из условий  
 (3) рост осевой нагрузки прекращают.  
 При этом достигнутое значение осевой  
 нагрузки является оптимальным по при-  
 нятому критерию, так как обеспечи-  
 вает максимальное (оптимальное) зна-  
 чение углубки долота на один оборот  
 для данных условий.

Достижение оптимальной величины  
 частоты вращения разрушающего органа  
 $n_{\text{опт}}$  обеспечивается увеличением ее  
 до величины, при которой развиваемая  
 приводом мощность равна номинальной  
 $N_{\text{ном}} n_{\text{опт}}$  рассчитывают в зависимости  
 от текущего значения крутящего мо-  
 мента  $M_{\text{т}}$  при оптимальном значении  
 осевой нагрузки по формуле

$$n_{\text{опт}} = \frac{N_{\text{ном}}}{2\pi M_{\text{т}}} \leq n_{\text{пр}} \quad (6)$$

( $n_{\text{пр}}$  - предельное значение частоты  
 вращения бура) и величина развивае-  
 мой приводом вращателя мощности может  
 быть не равна номинальной.

Таким образом, регулируемые пара-  
 метры достигают оптимальных значений  
 в соответствии с критерием оптималь-  
 ности (1).

По окончании бурения каждого отрезка скважины глубиной  $\Delta H$  проверяют выполнение достигнутого (одного или нескольких) условия (3) и (6) с заданной точностью  $\delta_1$  стабилизации контролируемого параметра

$$\left| \frac{x_r}{x_{np}} - 1 \right| \leq \delta_1, \quad (7)$$

где  $x_r$  и  $x_{np}$  — текущее и предельное (номинальное) значения контролируемого параметра по условиям (3) и (6).

Если условие (7) выполняется, то бурение последующего отрезка  $\Delta H$  производят с прежними параметрами. При нарушении условия (7) параметры режима корректируют: при превышении текущим значением параметра его номинального (предельного) значения осевую нагрузку уменьшают на одну ступень  $\Delta Q$ , в противном случае осевую нагрузку увеличивают. Аналогично по величине текущего значения крутящего момента корректируют частоту вращения бура в соответствии с формулой (6).

По окончании бурения на длину штанги запоминают оптимальные параметры режима, затем после наращивания штанги достигают их ускоренно.

В процессе бурения каждого отрезка скважины глубиной  $\Delta H$  вычисляют и запоминают удельные энергозатраты на разрушение буримых пород  $N_w$ . Удельные энергозатраты при бурении определяются по формуле

$$N_w = \frac{M_r}{R_{cp} \cdot h_r \cdot t}, \quad (8)$$

где  $R_{cp}$  — средневзвешенный радиус разрушающего органа;

$t$  — время бурения скважины длиной  $\Delta H$ .

Затем по окончании процесса бурения скважины на всю длину по отношению удельных энергозатрат  $N_w$  и  $N_{w,i+1}$  на соседних участках скважины определяют однородные слои и их мощности. Однородность слоев устанавливают по выполнению условия

$$\left| \frac{N_{w,i}}{N_{w,i+1}} - 1 \right| \leq \delta_2 \quad (9)$$

где  $\delta_2$  — заданная величина.

К мощным относят однородные слои протяженностью  $l_0$  и более, менее

$l_0$  — к маломощным. По окончании процесса классификации слоев запоминают последовательное их расположение и характеристики: для мощных слоев — их протяженности, взаимное расположение и среднюю величину удельных энергозатрат; для маломощных — их протяженность и расположение в общей последовательности слоев скважины.

Таким образом, по окончании процесса бурения скважины имеется информация о породах, пересекаемых скважиной, которая используется при разбуривании.

Перед разбуриванием очередного слоя скважины анализирует его мощность. Если слой маломощной, то процесс его разбуривания оптимизируют с использованием критерия (1) "максимальной скорости" аналогично процессу бурения. В отличие от процесса бурения удельные энергозатраты на разрушение горных пород не определяются. Если слой мощный, то процесс его разбуривания оптимизируют с использованием критерия "минимум удельных энергозатрат". Для этого выполняют последовательно три процедуры.

Разбуривание скважины производят последовательными отрезками длиной  $\Delta H$  с значением осевых нагрузок  $Q_i$ , увеличивающимися с каждым отрезком  $\Delta H$  на величину  $\Delta Q$ . Для каждого значения  $Q_i$  в процессе бурения определяется величина углубления долота на один оборот  $h_i$ . Нарастание осевой нагрузки продолжается до наступления одного из ограничений (3).

В результате этой операции формируется зависимость  $Q_i = F(h_i)$  в виде ряда значений осевых нагрузок  $Q_1, \dots, Q_i$  и соответствующего ему ряда углублений долота за один оборот  $h_1, \dots, h_i$ . Из второго ряда формируется ряд углублений долота за один оборот  $h_1, \dots, h_i$  с шагом  $\Delta h$ . Величина  $\Delta h$  выбирается, исходя из заданной точности  $\delta_1$  стабилизации параметров бурения.

$$\Delta h = 2\delta_1 h_{np}. \quad (10)$$

Величина  $m$ , равна

$$m = \frac{h_{i \max}}{\Delta h}, \quad (11)$$

где  $h_{i \max}$  — углубление долота за один

оборот при максимальном значении осевой нагрузки.

Соответственно ряду углублений долота за один оборот  $h_1, \dots, h_{m_1}$  из исходного ряда значений осевых нагрузок  $Q_1, \dots, Q_{m_1}$  формируется новый ряд значений  $Q_1, \dots, Q_{m_1}$ , каждое значение которого соответствует величине  $h_i$  из ряда  $h_1, \dots, h_{m_1}$ .

Аналогично зависимостям (10) и (11) формируется ряд частот вращения  $n_1, \dots, n_{m_2}$ , где

$$m_2 = \frac{n_{пр}}{\Delta n}; \Delta n = 2\delta_1 n_{пр} \quad (12)$$

Таким образом, по окончании этой процедуры имеется ряд значений осевых нагрузок  $Q_1, \dots, Q_{m_1}$  и ряд частот вращения долота  $n_1, \dots, n_{m_2}$ .

Далее выполняется перебор параметров бурения из принятых значений осевых нагрузок  $Q_1, \dots, Q_{m_1}$  и частот вращения  $n_1, \dots, n_{m_2}$ . Поиск оптимальных координат процесса разбуривания выполняют перебором по программе вариантов сочетаний регулируемых параметров. С каждым выбранным сочетанием параметров разбуривают скважину на глубину  $\Delta H$ . Затем вычисляют удельные энергозатраты на разрушение горной породы на каждом таком отрезке.

По окончании перебора вариантов в качестве оптимальных принимают те, которые обеспечивают минимум удельных энергозатрат. При наличии нескольких пар параметров с примерно равными минимальными удельными энергозатратами (в пределах заданной точности) в качестве оптимальных принимают параметры, обеспечивающие большую производительность, которая определяется по зависимости, аналогичной (1) описания, т.е.  $v = h \cdot n$ .

Таким образом, определяющим критерием оптимальности при разбуривании мощных слоев скважины является минимум удельных энергозатрат на разрушение горной породы. Максимальная скорость бурения является вспомогательным критерием.

С принятыми параметрами разбуривают оставшуюся часть данного мощного слоя и все последующие мощные слои с близкими значениями удельных энергозатрат на разрушение пород, зафиксированными при бурении передовой скважины.

В процессе разбуривания однородного слоя периодически контролируют износ режущего инструмента по изменению удельных энергозатрат. Возникновение аварийного износа инструмента обнаруживают при выполнении условия

$$\left| \frac{H_{w.a}}{H_{w.b}} - 1 \right| \geq \delta_3 \quad (13)$$

где  $H_{w.a}$  и  $H_{w.b}$  — удельные энергозатраты на краях участка скважины длиной  $L$ ;

$\delta_3$  — постоянная величина.

При возникновении условия (13) уменьшают частоту вращения бура. Эта операция учитывает зависимость износа режущего инструмента от скорости резания и абразивности пород. Для каждой горной породы имеется определенная предельная скорость резания, выше которой начинается явление "теплого износа", при котором резко увеличиваются удельные энергозатраты на разрушение пород вследствие интенсивного износа рабочего инструмента. Частота снижается на одну ступень  $\Delta n$ , затем снова проверяется условие (13) возникновения аварийного износа. При этом оптимальный режим бурения нарушается. С этим сниженным значением частоты вращения бура выполняется разбуривание скважины до тех пор, пока не снизятся удельные энергозатраты на разрушение горной породы. После этого параметры бурения изменяют и принимают равными оптимальным, определенным на предварительном этапе.

В процессе разбуривания маломощных слоев удельные энергозатраты на разрушение породы не вычисляются, так как при разрушении режущим инструментом пород разной крепости обнаружение условия (13) (возникновение абразивного износа) затруднительно.

Интервал бурения  $\Delta H$  принимается из условия исключения влияния переходных процессов, возникающих в системе: буровой инструмент — забой при изменении режима бурения, на точность вычисления углубки долота за один оборот и принят равным  $\Delta H = (2, \dots, 3)h$  пр.

Точность стабилизации контролируемых параметров  $\delta$ , (формула (7)) принимается из условия

$$\delta_1 \geq \sqrt{\sum \delta_g^2 + \sum \delta_n^2}, \quad (14)$$

где  $\delta_g$  и  $\delta_n$  - погрешности датчиков контролируемых параметров и процесса преобразования информации соответственно.

Величина  $\delta_2$  (формула (9)) принимается из условия разбуривания мощного слоя без корректировок параметров бурения. Для этого необходимо, чтобы шаг квантования крепостей пород  $\Delta f$  соответствовал зависимости

$$\frac{\Delta f}{f} \leq \delta_1, \quad (15)$$

где  $f = f_{\max} - f_{\min}$  - диапазон изменчивости физико-механических свойств буримых пород (в относительных единицах).

Буримые породы с крепостью отдельных прослоек от  $f_{\min}$  до  $f_{\max}$ , взаимное расположение которых заранее неизвестно, заменяются на упорядоченное расположение прослоек с возрастающей крепостью. Границы отдельных слоев определяются при возрастании крепости очередного прослойка в  $(1+\delta_2)$  раз, т.е. крепость каждого последующего слоя определяется зависимостью  $f_i$ :

$$f_i = f_{i-1} (1 + \delta_2), \quad (16)$$

где  $f_{i-1}$  - крепость предыдущего слоя породы.

Формула для  $f_i$ , выраженная через крепость породы первого слоя (или, что то же самое, слоя породы с минимальной крепостью  $f_{\min} = A$ ), примет вид

$$f_i = [(1 + \delta_2) A]^i, \quad (17)$$

где  $i$  - порядковый номер слоя "упорядоченной" скважины.

Номер слоя породы с наибольшей крепостью  $f_{\max}$  равен числу шагов квантования крепости породы при ее возрастании от  $f_{\min}$  до  $f_{\max}$  с шагом  $\Delta f$ , т.е.

$$i_{\max} = \frac{f}{\Delta f}, \quad (18)$$

Подставив в формулу (17) значение  $i_{\max}$ , получим

$$[(1 + \delta_2) A]^{f/\Delta f} \leq f \quad (19)$$

Заменив в формуле (19) величину  $f/\Delta f$  ее значением из (15) получим

$$[(1 + \delta_2) A]^{f/\Delta f} \leq f \quad (20)$$

Отсюда  $(1 + \delta_2) A \leq f^{1/\delta_1}$ ,

$$\delta_2 \leq \frac{1}{A} f^{\delta_1} - 1. \quad (21)$$

Формула (21) позволяет определить границы однородных слоев в зависимости от диапазона изменения крепостей (или другого показателя, характеризующего буримость) пород скважины с заданной точностью  $\delta_1$  стабилизации параметров бурения.

Значение  $\delta_3$  зависит от вида материала и типа бурильного инструмента, а также степени абразивности пород. Его значение устанавливается экспериментально. В качестве нижней границы принимается

$$\delta_3 > \delta_2.$$

Величина протяженности маломощного слоя  $l_0$  принимается из условия

$$l_0 \geq m_1 \cdot m_2 \cdot \Delta H, \quad (22)$$

т.е. процесс поиска оптимальных параметров разбуривания должен быть завершен на глубине скважины  $l_0$  при использовании всех сочетаний осевой нагрузки и частоты вращения.

Характер рассмотренных операций позволяет осуществлять управление процессами бурения и разбуривания скважин с оптимизацией режимов, для чего может использоваться устройство управления, показанное на чертеже.

Буровой станок (комбайн) снабжен датчиками 1 и 2 нагрузки привода подачи и вращателя, датчиками 3 и 4 перемещения бура и частоты вращения, датчиком 5 вибраций. Устройство управления содержит блок 6 управления приводом подачи, блок 7 управления приводом вращателя, вычислительно-логический блок 8, блок 9 памяти, блоки 10-12 ввода аналоговой информации, два блока 13 и 14 ввода цифровой информации, два блока 15-16 вывода аналоговой информации, пульт 17 управления, блок 18 индикации, блок ввода 19 и вывода 20 дискретных сигналов, компаратор 21 уровня и двухпозиционные объекты 22 управления.

Датчики 1-5 через преобразователи - устройства 10-14 ввода аналоговой и цифровой информации соединены с шинами данных вычислительно-логического блока 8, к которым также подключены блок 9 памяти, блоки 15 и 16

вывода аналоговой информации, соединенные с блоками 6 и 7 управления привода подачи и вращателя, блоки 19 и 20 ввода и вывода дискретной информации и компаратор 21 уровня. Блок 19 ввода дискретных сигналов соединен с пультом 17 управления и исполнительными устройствами двухпозиционных объектов 22 управления, выходы которых соединены с блоком 20 вывода дискретных сигналов и блоков 18 индикации. Сигналы с датчиков 1-5 через преобразователи 10-14 - устройства ввода аналоговой и цифровой информации, вводятся на шины данных вычислительно-логического блока 8, на которые также вводится информация от компаратора 21 уровня и через блок 19 ввода дискретных сигналов от пульта 17 управления. От вычислительно-логического блока 8 информация через шины данных и блоки 15 и 16 вывода аналоговой информации подается на блоки 6 и 7 управления привода подачи и вращателя.

В блок 9 памяти записывается информация о номинальных данных приводов механизма подачи и вращателя бурового станка (комбайна) в режимах бурения и разбуривания, постоянные коэффициенты, величины уставок ограничений, программа работы механизмов и поиска оптимальных параметров. На пульте 17 управления размещены коммутационные элементы управления и выбора режима работы комбайна и блок 18 индикации, который обеспечивает сигнализацию о нормальном и аварийном режимах работы механизмов.

Устройство работает следующим образом.

С пульта 17 управления вводится команда выбора режима "Бурение" в вычислительно-логический блок 8. При этом из блока 9 памяти считывается информация о величинах номинальных данных приводов комбайна, величинах уставок и ограничений для режима бурения и постоянных коэффициентов. После выполнения подготовительных операций на пульте 17 управления нажимается кнопка "Пуск". Эта команда поступает в вычислительно-логический блок 8, который формирует команду нарастания частоты вращения бура до величины, равной  $0,5Q_{ном}$ . Команда в виде кодовой комбинации подается на блок 16 вывода аналоговых сигналов

и с его выхода на блок 7 управления приводом вращателя. Затем вычислительно-логическим блоком 8 формируется команда нарастания осевой нагрузки до величины, равной  $0,5Q_{ном}$ . Невыполнение этих команд свидетельствует о возникновении аварийной ситуации, что фиксируется в блоке 18 индикации.

При выполнении этих команд производится поиск оптимального значения осевого усилия в следующей последовательности. Информация о поступательном перемещении бура с датчика 3 подается на компаратор 21 уровня, уставка срабатывания которого задается равной  $A_0$ . При перемещении бура на величину  $\Delta H$ , соответствующей уставке компаратора 21 уровня  $A_0$ , он формирует сигнал, по которому с блоков 10, 11 и 14 ввода информации подается информация о величинах контролируемых параметров: давления в гидросистеме привода механизма подачи, тока нагрузки привода вращателя и число оборотов бура. Затем вычисляются толщина стружки, крутящий момент и удельные энергозатраты на разрушение горной породы  $N_w$  по формулам (2,4,8). Величины толщины стружки и крутящего момента сравниваются с предельным (или номинальным) значениями, а удельных энергозатрат записываются в блок 9 памяти. При отсутствии ограничений (3) вычислительно-логический блок 8 формирует команду увеличения осевой нагрузки на величину  $\Delta Q$ , которая подается на блок 15 вывода аналоговой информации и с его выхода на блок 6 управления приводом подачи. С этим значением осевой нагрузки скважина бурится на глубину  $\Delta H$ . Затем вводится информация с датчиков и снова вычисляются значения углубления бура на один оборот, крутящего момента и удельных энергозатрат. Увеличение осевой нагрузки продолжается до возникновения одного из ограничений (3). Эта величина нагрузки является оптимальной по критерию "максимальной скорости" для конкретных горных пород.

Затем вычислительно-логическим блоком 8 вычисляется величина оптимальной частоты вращения бура  $n_{опт}$  по формуле (6) и с учетом ограничения по частоте вращения формируется команда на увеличение частоты вращения до оптимальной. Команда через

блок 16 вывода аналоговых сигналов подается на блок 7 управления приводом вращателя.

По достижении приводом вращателя оптимальной частоты вращения пробуривается очередной отрезок скважины глубиной  $\Delta H$  и проверяется соответствие параметров процесса бурения критерию оптимальности по выполнению условий (7). При выполнении этих условий бурение производится с прежними значениями осевой нагрузки и частоты вращения. Если ни одно из условий не выполняется на данном участке скважины, то параметры режима корректируются, причем вначале изменяют (увеличивают или уменьшают) осевую нагрузку, затем по достигнутому значению крутящего момента рассчитывается новое значение оптимальной частоты вращения. Эти операции повторяются через интервал бурения  $\Delta H$ .

По окончании процесса бурения скважины на длину штанги оптимальные параметры режима бурения на последнем участке запоминаются в блоке 9 памяти. После наращивания очередной штанги осевую нагрузку и частоту вращения увеличивают ускоренно до запомненных оптимальных величин. Для этого вычислительно-логический блок 8 формирует команды и выдает их в блоки 6 и 7 управления.

По окончании процесса бурения скважины на всю глубину вычислительно-логическим блоком 8 вычисляются относительные значения удельных энергозатрат соседних участков скважины длиной  $\Delta H$  и устанавливается однородность слоев по выполнению условия (9) и мощность по их протяженности. Данные о мощности слоев, их протяженности и удельных энергозатратах (для мощных слоев) заносятся в блок 9 памяти и хранятся до окончания процесса разбуривания скважины.

При разбуривании скважины на пульте 17 управления устанавливают ключ выбора режима в положение "Разбуривание". При этом по команде вычислительно-логического блока 8 считывается из блока 9 памяти информация о номинальных значениях контролируемых параметров, уставках и постоянных коэффициентах, характерных для данного режима. Затем вычислительно-логическим блоком 8 анализируется мощ-

ность первого слоя, подлежащего разбуриванию. Эта операция выполняется программно. Если слой, маломощный, то для его разбуривания принимается критерий "максимальной скорости", для чего вычислительно-логическим блоком 8 выполняются операции, аналогичные процессу бурения. При этом вычисление и запись удельных энергозатрат не производится.

При мощном слое, подлежащем разбуриванию, вычислительно-логическим блоком 8 последовательно выполняются три процедуры. Вначале формируется команда на установление начальной частоты вращения, например,  $0,5n_{\text{ном}}$  и начальной осевой нагрузки  $Q_{\text{нач}} = 0,5Q_{\text{ном}}$ , затем формируются команды нарастания осевой нагрузки на величину  $\Delta Q$ , с этим значением бурится скважина на глубину  $\Delta H$ , вводится информация о числе оборотов бура на этом перемещении и вычисляется толщина стружки. Эта операция повторяется до наступления одного из условий (3), при этом записываются в блок 9 памяти значения осевых нагрузок и соответствующих им толщин стружки (углубления бура за один оборот). Из полученного ряда значений осевых нагрузок вычислительно-логическим блоком 8 выбираются значения, соответствующие ряду толщин стружки, например через  $0,2h_{\text{пр}}$ . Затем выполняется поиск оптимальных координат процесса разбуривания. Вычислительно-логическим блоком 8 формируются команды на последовательное достижение координат (осевой нагрузки и частоты вращения) по заданной программе. Значения осевых нагрузок принимаются из установленного ряда, частота вращения - из второго заданного ряда, например через  $0,1n_{\text{пр}}$ . С каждым выбранным сочетанием параметров бурится отрезок скважины длиной  $\Delta H$ , вычисляются и запоминаются удельные энергозатраты на разрушение горной породы и по окончании перебора принимаются оптимальные параметры в соответствии с принятым критерием.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет строить системы управления буровыми станками (комбайнами) двухстадийного бурения с оптимизацией процессов бурения и разбуривания. При этом при изменении типа режущего инструмента или характеристик приводов

достаточно внести изменения в программу, функционирование устройства в целом сохраняется. Использование способа позволяет сократить время поиска оптимальных параметров и уменьшить удельный расход режущего инструмента.

Это повышает производительность буровых установок, снижает затраты на проведение выработок.

Техническое решение обеспечивает сбор информации о свойствах буримых пород в процессе бурения, классификацию пород в зависимости от удельных энергозатрат на разрушение, что позволяет оптимизировать процесс разбуривания скважины по различным критериям. В процессе оптимизации разбуривания мощного слоя поиск оптимальных координат производится один раз и с этими параметрами ведется разбуривание оставшейся части слоя. Это позволяет уменьшить динамические нагрузки в элементах привода за счет сокращения работы в переходных режимах.

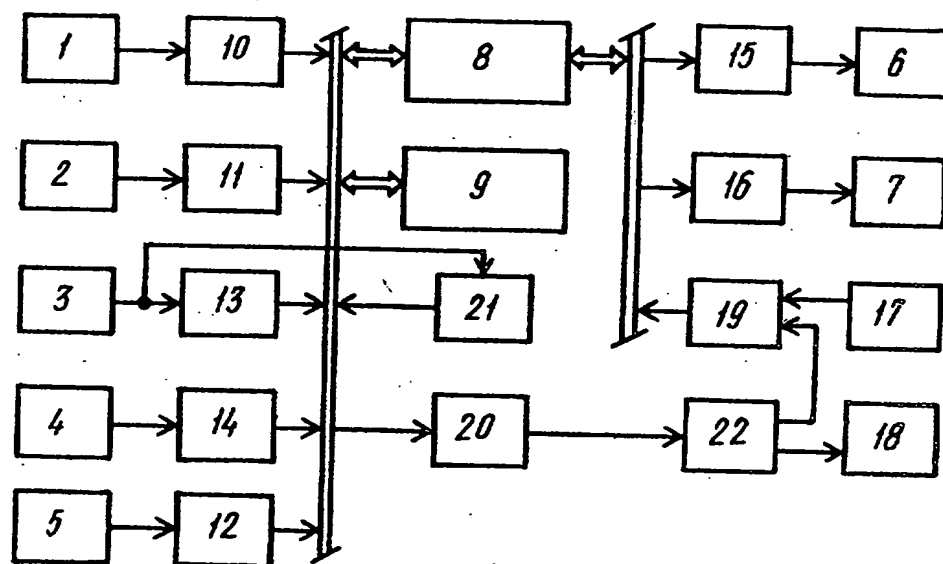
#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Способ управления процессом двухстадийного бурения, включающий измерение осевой нагрузки, частоты вращения и параметра вибраций, задание интервала бурения и граничных значений осевой нагрузки, частоты вращения толщины стружки и параметра вибраций, вычисление толщины стружки на интервале бурения, регулирование осевой нагрузки и частоты вращения в процессе бурения до достижения контролируемыми параметрами граничных значений и классификацию пород одинаковой буримости на мощные и маломощные слои, задания в процес-

се разбуривания мощного слоя шага измерения толщины стружки и частоты вращения и выбора соответствующего им ряда значений осевой нагрузки и частоты вращения, определение осевой нагрузки и частоты вращения из выбранного ряда, обеспечивающих максимальную скорость разбуривания первого и фиксирование их значений для последующего разбуривания мощных однородных слоев, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности за счет выбора оптимальных параметров, измеряют значение крутящего момента, задают граничные значения крутящего момента и номинальное значение мощности привода, в процессе бурения частоту вращения регулируют до достижения приводом вращателя номинальной мощности, на каждом интервале бурения вычисляют удельные энергозатраты на разрушение, по которым классифицируют горные породы по мощности, причем при разбуривании маломощного слоя осевую нагрузку регулируют до достижения контролируемыми параметрами граничных значений, а частоту вращения - до достижения приводом вращателя номинальной мощности или граничного значения частоты вращения, при разбуривании мощного слоя осевую нагрузку и частоту вращения определяют из условия минимума удельных энергозатрат на разрушение породы.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в процессе разбуривания мощного слоя периодически определяют относительное изменение удельных энергозатрат  $\Delta W_T$  на разрушение породы, сравнивают с заданным  $\Delta W_3$  и при  $\Delta W_T > \Delta W_3$  уменьшают частоту вращения.





Редактор Ю.Середа      Составитель В.Шилов  
 Техред М.Ходанич      Корректор Н.Король

Заказ 2514/31      Тираж 515      Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г.Ужгород, ул. Гагарина, 101